

한국 성인의 근위 대퇴골 형태에 대한 방사선적 분석과 Cementless 대퇴 Stem의 Design에 관한 연구

고려대학교 의과대학 정형외과학교실

손원용 · 이석현 · 채동주 * · 장육성

— Abstract —

Radiological Analysis of the Proximal Femoral Geometry in Korean Adults and the Design of the Cementless Femoral Stem

W.Y. Shon, S.H. Lee, D.J. Chae and O.S. Chang

Department of Orthopaedic Surgery, Guro Hospital, Korea University, Seoul, Korea

We analyzed the endosteal morphology of the proximal femur in 300 Korean adults radiologically and assessed the proximal canal filling of the cementless anatomic stem in 100 patients with imaging analysis system. The cases were divided in six groups, according to age by the decades. The canal flare indices were 4.20, 3.82, 3.54, 3.47, 3.40, 3.34 for each age group from third to eighty decades respectively.

The shape of proximal cannal in the 300 cases, showed 234 cases(78%) to be normal, while 30 cases(10%) in the Stovepipe configuration and 36 cases(12%) in the Champagne flute appearance.

The proximal canal filling rate in an AP view radiologically measured from the level of the lesser trochanter to 2cm distal to the lesser trochanter in 100 patients with cementless anatomic stem were as follows: 60 to 69% range in 9 cases(9%), 70 to 79% in 58 cases(58%), 80 to 89% in 31 cases(31%) and 90 to 100% in 2 cases(2%).

With regard to the suitability of cementless femoral components, anatomic fitting, distal fitting, proximal fitting, undersized stem were 66%, 23%, 5%, 6%, respectively.

It is difficult to achieve the optimal anatomic fitting to the femoral cannal

* 본문의 요지는 1992년 추계학술대회에서 구연되었음.

with one design of the cementless femoral stem, because of the greater variation of proximal femoral anatomy in normal population.

Key Words : Suitability of cementless femoral components

1. 서 론

시멘트를 사용하지 않는 고관절 치환술의 중심 문제는 대퇴 stem의 장기간 고정을 얻기 위한 일차적 기계적 안정성이다. 대퇴 stem의 이상적인 고정에는 초기의 견고한 고정, 장기간 지속적인 고정의 유지 및 생리적인 대퇴골의 재형성이 중요하다. 또한 Stem의 기계적 안정성은 stem을 지지하는 근위 대퇴골의 rigidity와 strength의 정도에 의존된다⁹⁾. 일차적 기계적 안정성을 얻기 위해서 여러가지 stem의 design이 고안되어 왔다. 지금까지 고안된 각 대퇴 stem의 성공적인 고정을 위해서는 대퇴 canal 일정 부분에서의 밀접한 해부학적 고정이 필수적이며, 근위 대퇴골의 골수강내의 형태에 적합한 design 일수록 load에 대한, 가능한 생리적 응력을 얻을 수 있을 것이다^{7,13)}. 그러나 근위 대퇴골 형태의 다양성으로 인해서 대퇴골과 stem 간의 정확한 일차적 고정을 얻기는 힘들다^{9,10)}.

본 연구의 목적은 한국 성인의 근위 대퇴골 형태에 대한 방사선적 분석과 canal flare index를 측정하여 내부 구조의 다양성에 대하여 연구하고, cementless anatomic stem(Zimmer)의 proximal canal filling율과 근위 대퇴골에서 일차적인 해부학적 고정 정도를 분석하고자 함이다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

정상 한국 성인 300명에 대해서 분석하였으며 연령군은 30, 40, 50, 60, 70대 그리고 80세 이상으로 분류하였고, 연령군에 대해서 각 50명씩 조사하였다.

2. 방사선 검사 방법

대상자 각각에 대한 양측 고관절 전·후면 사진을 얻었다. 대상자는 앙와위에서, 양측 대퇴부는 중립

위치에서 촬영하였으며, X-ray source와 필름사이의 거리는 1m, 그리고 양측 소전자부를 연결하는 선의 중앙에 초점을 맞추었다. 또한 사진의 확대정도를 알기 위해서 대전자부부터 대퇴 간부를 향해서 대퇴골의 외측 경계를 따라 10cm의 방사선 비투과성 물질을 부착하였다.

3-1. 분석 1

canal width는 소전자부, 그리고 소전자부 20mm 상·하방에서 각각 측정하였다(Fig. 1). CFI(Canal Flare Index)는 소전자부 상방 20mm에서의 intracortical width와 medullary isthmus의 width의 비율로 정의되며, normal, stovepipe, champagne-flute의 세가지 형태로 구분된다. 저자들은 CFI를 측정하여 연령군과의 관계에 대하여 분석하였으며, Noble씨의 형태에 대한 연구와 비교하였다.

3-2. 분석 2

cementless anatomic stem(Zimmer)을 사용한 100례에 대하여 원래 design이 의도한대로 소전자부위에서 피질골과 stem사이의 해부학적 적응도를 알아보기 위해서 술후 단순 방사선 전·후면 사진상 근위 대퇴 골수강 내에서의 metaphyseal filling 정도를 computerized digital imaging analysis system(AIC, Inc, Roswell, Ga)(Fig. 2)를 이용하여 측정하였으며, 또한 근위 대퇴골에서의 stem의 metaphysis의 filling 정도를 각각 anatomic fit, proximal fit, distal fit 그리고 undersized stem으로 구분하여 분석하였다. 그 기준은 술후 전·후면 방사선 사진에서 proximal filling율이 75%이상이고 isthmus에서 stem과 피질골 사이의 방사선 투과 음영이 1mm 이하일 때 anatomic fit, proximal filling율이 75%이상이나 isthmus에서 stem과 피질골 사이의 방사선 투과 음영이 1mm 이상인 예는 proximal fit, proxi-

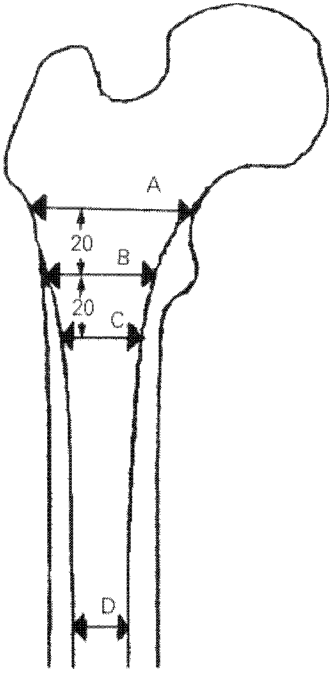


Fig. 1. Anatomical characteristics in millimeters measured on the anteroposterior radiograph.

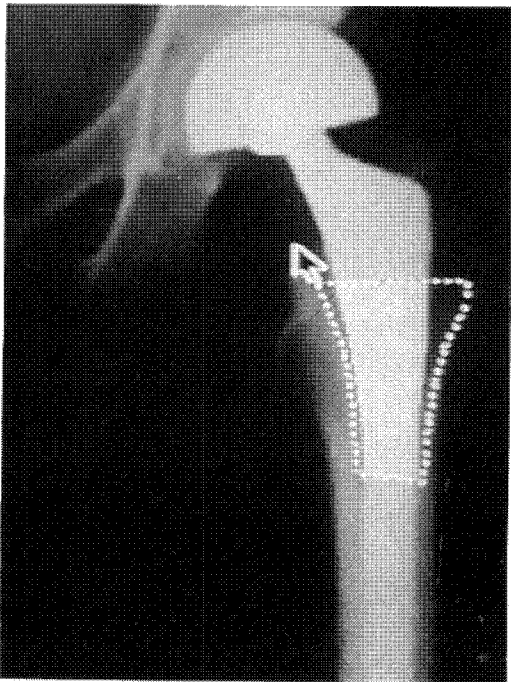


Fig. 2. Image analysis technique. Measurement of Proximal canal filling of the stem.

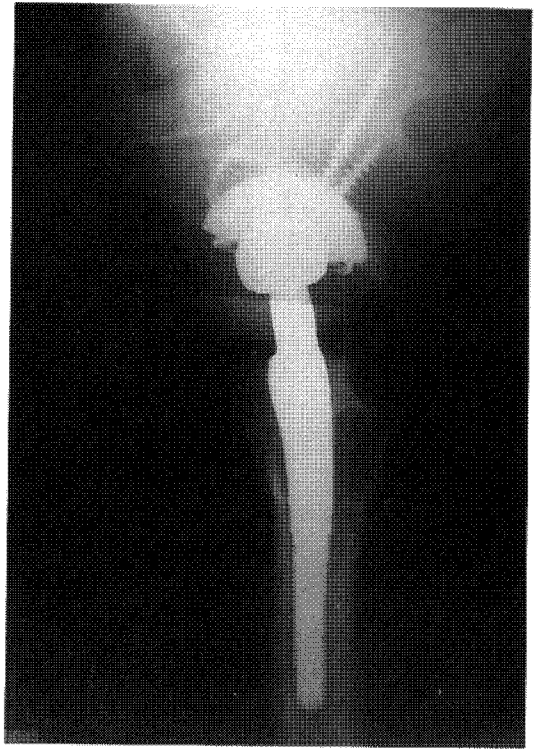


Fig. 3. Crosstable translateral X-ray always shows inadequate anatomic fit and fill

mal filling율이 75% 이하이고 isthmus에서 stem과 피질골 사이의 방사선 투과 음영이 1mm이상 일 때를 undersized stem으로 정의하였다.

Cementless anatomic stem(Zimmer)은 측면 상으로는 근위부가 C자형으로 휘어져 있으며, 횡단 면상 사다리꼴(trapezoid)형으로 stem의 내측과 외측의 두께의 차이가 크고 대전자부로 인하여 삽입후 측면 방사선 사진상, 대퇴골수강내 근위부에서의 metaphyseal filling정도가 불량하고, 해부학적 적응도의 판정이 어려워 측면 방사선상 계측은 생략하였다(Fig. 3)⁵⁾.

III. 결 과

단순 전·후면 방사선 사진에서 소전자부 20mm 상방에서 측정한 canal width는 평균 52.8mm이었고 소전자부 및 소전자부 20mm 하방에서의 canal width는 각각 33.1mm, 23.7mm이었다. 또한 대퇴

Table 1. Mean values of guidelines measured on the anteroposterior radiographs

Dimensions(millimeters)	Mean	Range
Canal width(lesser trochanter+20mm)	52.8	42.4 to 59.8
Canal width(lesser trochanter)	33.1	27.5 to 40.2
Canal width(lesser trochanter -20mm)	23.7	19.2 to 28.7
Endosteal width at the isthmus	13.2	8.5 to 17.2

Table 2. Mean values of Canal Flare Indices of each age group

Age(year)	Mean	Range
30 to 39	4.20	3.0 to 6.3
40 to 49	3.82	2.7 to 6.4
50 to 59	3.54	2.7 to 6.3
60 to 69	3.47	2.5 to 6.0
70 to 79	3.40	2.3 to 5.9
above 80	3.34	2.4 to 5.7

협부에서의 endosteal width는 13.2mm이었다 (Table 1).

CFI는 연령군별로 각각 4.20, 3.82, 3.54, 3.47, 3.40, 3.34이었으며, 연령군의 증가에 따라 CFI의 감소를 관찰할 수 있었다(Table 2). 형태상으로는 300례중 234례(78%)가 normal범위에 속했으며 vepipe형이 30례(10%), champagne flute형이 36례(12%)이었다(Fig. 4). 또한 각 개인의 근위 대퇴골 형태의 다양성으로 인해서, 대퇴경부의 절골술을 시행할 위치에서의 canal width와 협부에서의 canal width 사이의 관계는 예측할 수 없는 양상을 보였다(Fig. 5).

Cementless anatomic stem을 사용한 100례에 대해 소전자부부터 소전자부 하방 2cm 까지의 metaphysel filling율은 60-69%가 9례(9%), 70-79%가 58례(58%), 80-89%가 31례(31%), 그리고 90-100%가 2례(2%)의 결과를 보였다(Fig. 6). 또한 근위 대퇴골에서의 stem의 고정정도의 분석에서는 anatomic fitting이 얻어졌다고 판단된 예가 66례(66%), proximal fitting이 5례(5%), distal fitting이 23례(23%) 그리고 undersized stem이 6례(6%)이었다(Table 3) (Fig. 7-A, B, C, D).

IV. 고 찰

시멘트를 사용하지 않는 대퇴 치환술에 있어서 stem의 일차적 고정의 안정성을 얻기 위해서는 대

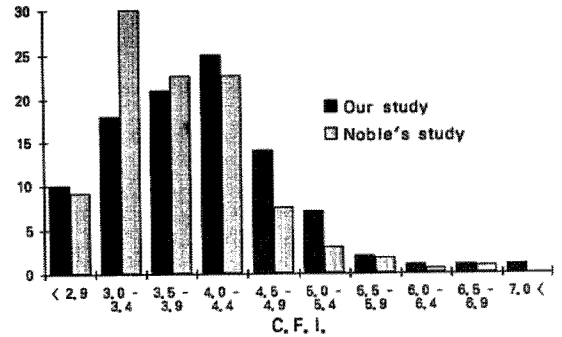


Fig. 4. Distribution of canal flare indices compared with those obtained by Noble (1988).

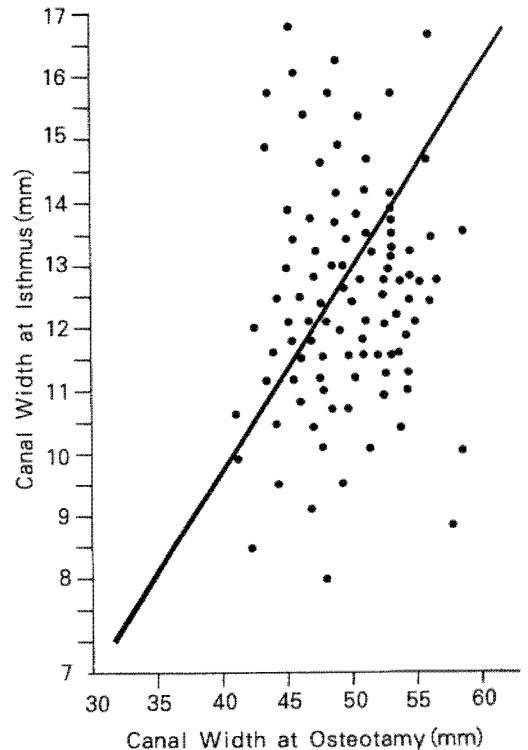


Fig. 5. Observed distribution of canal width at the isthmus and proximal to the center of the lesser trochanter.

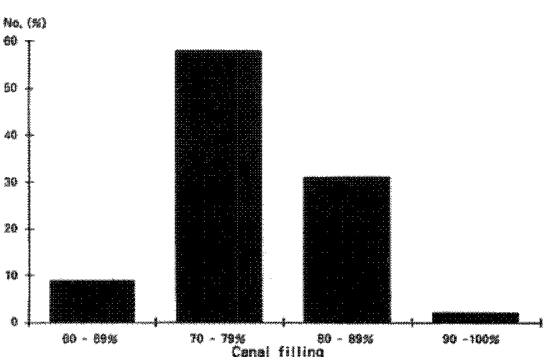
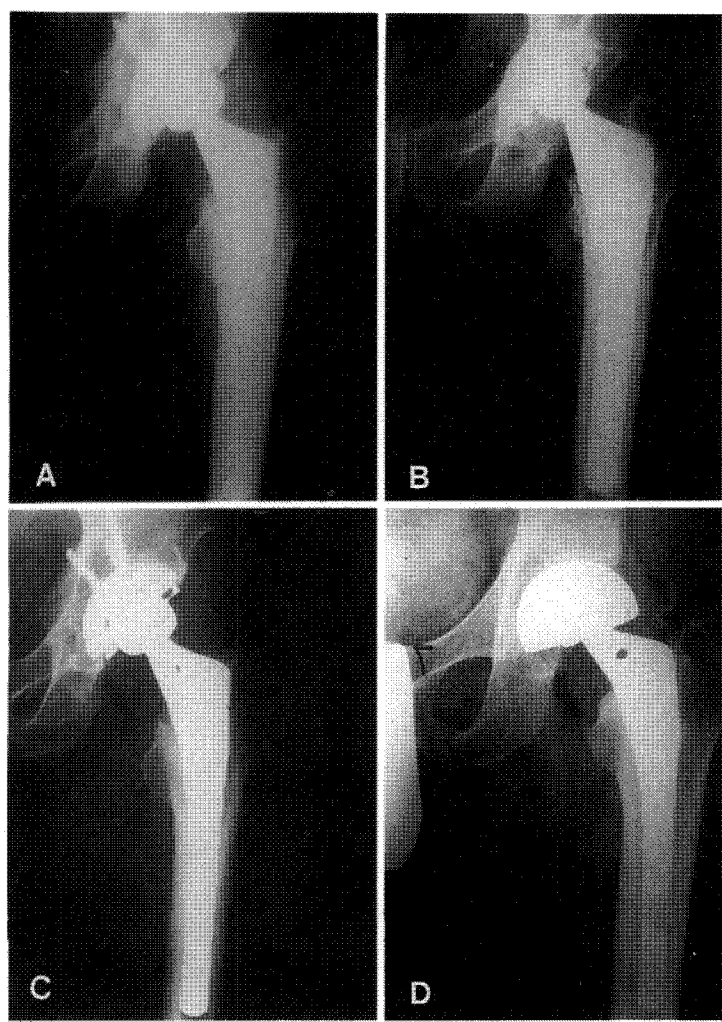


Fig. 6. Proximal canal filling(percent of canal filled with metal) measured at the level of the lesser trochanter in 100 patients

되 canal의 어느 부분에서 prosthesis의 밀접한 해부학적 고정이 필수적이다. 이런 이유로 지금까지 다양한 대퇴 stem이 고안되고 발전되어 왔다. 그 대표적인 예로 1984년 Dorr³⁾는 3 point cortical contact에 기본을 둔 straight stem을 고안하였으며(예 ; AML prothesis) 1986년 Zweymuller¹⁴⁾은 cortical midshaft wedging의 개념하에 stem을 창안하였다. 또한 1984년 Hungerford⁹⁾등은 proximal metaphyseal filling을 얻기 위한 curved, porous-coated stem(예 : PCA prosthesis)을 고안하였다. 그러나 어떠한 fixation의 design philosophy를 사용하든간에 근위 대퇴 골수강(proxi-



◀ Fig. 7-A. Anatomic fit.
 B. Proximal fit.
 C. Distal fit.
 D. Undersized stem.

mal femoral canal)내의 밀접한 해부학적 고정은 성공적인 고정의 가장 기본 요건이다.

부하 전달 기전(load transfer mechanism)에는 stem material, stem shape 그리고 coating geometry 등의 요소가 관여한다^{7,12)}. Walker와 Robertson¹²⁾는 근위 대퇴골에서 implant의 optimum filling이 일차적 고정의 안정성을 얻는 방법이며, 생리학적 부하 전달을 가능하게 한다고 제안하였다. 한편 Engh⁴⁾는 망상골과의 접촉이 주로 이차적 고정에 중요하지만 일차적 고정에는 거의 기여하지 않는 것으로 주장했고, 아마도 stem을 안정하게 유지시키는 것은 부가적인 scattered diaphyseal contact일 것으로 주장했다. 또한 Huiskes⁷⁾는 대퇴 stem의 안정성은 implant로 부터 대퇴골의 근위부와 원위부의 부하전달의 균형에 의존한다고 하였다. 즉 밀접한 해부학적 고정은 근위 대퇴골에서 implant와 bone사이의 interface에서 부하전달을 위한 더 많은 접촉 면적을 얻음으로서 stress를 감소시킨다는 것이다.

Noble^{9,10)} 등은 근위 대퇴골의 형태를 전·후면, 측면사진에서 분석하고 대퇴골 형태를 근위대퇴골의 전후면상 골수강내 모양에 따라 크게 3가지로 구분한 후, 대퇴 stem의 design과 선택에 대한 의견을 제시했다. Periosteal dimension은 관절 치환술에 있어서 external articular geometry의 결정에 중요하며, 고관절 생역학의 정확한 복원을 결정한다고 하였다. stem의 일차적 고정에 중요한 endosteal dimension은 canal size와 함께 증가하나 그에 대한 골수강 내 협부의 변화는 적다. 또한 그들은 canal shape을 평가하는 한 방법으로 Canal Flare Index(CFI)를 제안하였다. 그들은 CFI에 의한 endosteal geometry를 크게 3형태로 구분하였는바, 정상범위는 3.0-4.7로 언급하였고 비정상적으로 straight한 경우, 즉 CFI가 3이하인 경우는 stove pipe형태로 구분하였다. 그들의 연구 결과에 의하면 정상이 83%, stove-pipe형이 9% 그리고 champagne fluted형이 8%를 보였다. 본 연구에서는 78%가 정상범위에 속했으며 stovepipe형과 champagne fluted형이 각각 10%, 12%의 비율을 보여서 champagne fluted형이 약간 많음을 관찰할 수 있었다.

Ericksen⁸⁾는 대퇴골의 골수강 크기는 연령과 밀

접한 관계가 있음을 주장하였으며 연령의 증가에 따라 골수강이 넓어지므로 prosthesis의 내측이동이 발생하고, 그로인한 기계적 이완(mechanical loosening) 및 implant의 함몰(subsidence)을 가능하게 한다고 하였다. 그러므로 prosthesis의 design philosophy에 앞서 근위 대퇴골에 대한 해부학적 이해가 필요하고, 시멘트를 사용하지 않는 대퇴 stem의 적절한 부하전달을 위해서는 정확한 해부학적 적용도(fit)를 얻어야 한다는 것은 많은 학자들의 의견이다^{1,2,9,11)}. Walker¹²⁾ 등은 stem의 밀접한 피질골과의 접촉은 cementless stem의 가장 큰 단점중의 하나인 미세운동(micromotion)의 감소에도 중요하며 Stem이 클 경우 원위 고정으로 근위 부하전달을 감소시키고, stem이 너무 작은 경우에는 근위 대퇴부의 부하가 너무 많거나 bone failure, 고정의 실패 또는 오히려 골재형성을 저해할 수도 있다고 하였다.

저자들은 cementless stem의 근위 대퇴 골수강 내에서의 해부학적 적용 정도를 알기 위해서 cementless anatomic stem을 사용한 100례에 대해, 술후 단순 방사선 전·후면 사진에서 소전자부 기시부부터 소전자부 20mm하방까지의 metaphyseal filling율을 image analysis system을 이용하여 분석한 결과, 약 30-40%의 예에서는 anatomic stem이라 할지라도 근위 대퇴골에서 밀접한 해부학적 고정을 얻기는 어렵다는 사실을 관찰할 수 있었다. 단순 전·후면 사진에서 적절한 해부학적 고정을 얻었다고 판단된 예가 66례(66%)이었으며 부적절한 고정으로 판단되는 예 34례(34%)이었다. 이러한 부적절한 고정은 수술자의 골수강 내 전치치등의 수술수기에 대한 숙련도 보다도 개개인의 근위 대퇴골 형태의 다양성이 더 큰 원인으로 생각되어졌으며, 특히 distal fit이 많이 발생한것은 한국성인의 근위대퇴골 골수강내의 형태와 관계가 있을 것으로 사료되었다. 이러한 stem design 선택의 문제점은 Noble이 주장하듯이 세분화된 여러 somatype의 design을 만들어 사용하거나 custom made stem의 사용을 시도함으로써 접근할 수 있으나 현재는 어려운 실정이다^{1,2)}. 최근 metaphysis, diaphysis로 분리된 modular type의 design이 개발되어 사용되어지고 있으나 metal fretting에 의한 metal particle의 문제는 아직 장기 추시가 요구된다¹²⁾.

본 연구의 결과로 한국인에서도 개개인의 근위 대퇴골 형태는 매우 다양한 양상을 보이므로 시멘트를 사용하지 않는 대퇴 stem의 사용시에는 anatomic stem이라 할지라도 한가지 형태의 model로는 이상적인 anatomic fill & fit을 얻을 수 없음을 관찰할 수 있었다. 앞으로 한국인에 좀더 알맞는 대퇴 stem의 개발을 위해서는 한국 성인의 근위 대퇴골 형태와 대퇴 stem design에 대한 보다 적극적인 연구가 시도되어야 할 것으로 사료되었다.

V. 요 약

저자들은 정상 한국 성인 300명에 있어서 근위 대퇴골의 골내형태에 대한 방사선적 분석 및 canal flare index를 측정하고, cementless anatomic stem을 이용했던 100례에 대한 metaphyseal filling율을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 소전자부 20mm 상방에서 측정한 canal width는 평균 52.8mm이었고 소전자부 및 소전자부 20mm 하방에서의 canal width는 각각 33.1mm, 23.7mm이었다.

2. 연령군의 증가에 따라서 canal flare index의 감소를 관찰할 수 있었다.

3. canal flare index는 300례중 234례(78%)가 normal범위에 속했으며 stovepipe형이 30례(10%), champagne-flute 형이 36례(12%)이었다.

4. cementless anatomic stem을 사용한 100례에 대해 소전자부부터 소전자부 하방 2cm까지에서 측정한 metaphyseal filling율은 60-69%가 9례(9%), 70-79%가 58례(58%), 80-89%가 31례(31%) 그리고 90-100%가 2례(2%)이었다.

5. 전체 근위 대퇴골에서의 stem의 고정정도의 분석에서는 anatomic fit이 66례(66%), proximal fit이 5례(5%), distal fit이 23례(23%) 그리고 undersized stem이 6례(6%)이었다.

각 개인의 근위 대퇴골 형태는 매우 다양한 양상을 보이며 시멘트를 사용하지 않는 대퇴 stem의 이상적인 해부학적 고정(anatomic canal fit & filling)을 얻기 위해서는 개개인에 알맞는 대퇴 stem의 design을 선택하여야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Amstutz, H.C., Nasser, S. and Kabo, M. : Preliminary results of an off-the-shelf press-fit stem. *Clin. Orthop.*, 249 ; 60-72, 1989.
- 2) Capello, W.N. : Fit the patient to the prosthesis an argument against the routine use of custom hip implants. *Clin. Orthop.*, 249 ; 56-9, 1989.
- 3) Dorr, L.D. : Uncemented femoral components, proceedings, uncemented total joint replacement. Harrington Arthritis Research Center Phoenix Arizona pp 23-25, 1984.
- 4) Engh, C.A. and Bobyn, J.D. : Biological fixation in total hip arthroplasty. New Jersey ; Slack Inc, 1985.
- 5) Engh, C.A., Massin, P. and Suthers, K.E. : Roentgenographic assessment of the biologic fixation of porous-surfaced femoral components. *Clin. Orthop.*, 257 ; 107-128, 1990.
- 6) Ericksen, M.F. : Aging change in the medullary cavity of the proximal femur in American Blacks and Whites. *Am J. Phys. Anthropol.* 51 ; 563-9, 1979.
- 7) Huiskes, R. : Some fundamental aspects of human joint replacement analyses of stresses and heat conduction in bone-prosthesis structures. *Acta. Orthop. Scand.*, ; Suppl 185, 1980.
- 8) Hungerford, D.S., Hedley, A., Habermann, E., Borden, L.S. and Kenna, R.V. : Total hip arthroplasty ; a new approach. Baltimore ; University Park Press, 1984.
- 9) Noble, P.C. : Proximal femoral geometry and the design of cementless hip replacements. *orthop. Rel. Sci* 1 ; 93-108, 1990.
- 10) Noble, P.C., Alexander, J.W., Lindahl, L.J. et al : The anatomic basis of femoral component design. *Clin. Orthop.*, 235 ; 148-65, 1988.
- 11) Stulberg, S.D., Stulberg, B.N. and Wixson, R. L. : The rationale, design characteristics and preliminary results of a primary custom total hip prosthesis. *Clin. Orthop.* 249 ; 79-96, 1989.
- 12) Walkr, P.S. and Robertson, D.D. : Design and fabrication of cementless hip stems. *Clin.*

Orthop., 235 ; 25-34, 1988.

- 13) Walkr, P.S., Schneeweis, D., Murphy S. and Nelson, P. : *Strains and micromotions of press-fit femoral stem prostheses. J. Biomech.* 20 (7) : 693, 1987.

- 14) Zweymuller, K. : *A cementless titanium hip endoprosthesis system based on press-fit fixation ; basic research and clinical results. AAOS I.C.L. vol, 35, 203-225, St. Louis ; C.V. Mosby, 1986. (Cited from Noble, P.C ed. Orthop. Rel. Sci 1 : 93-108, 1990).*